

# 基礎物理学 II

## (第9回) 電流と磁場 (2)

### 【今日の内容】

- 磁束と磁束密度
- 電磁誘導

# 透磁率

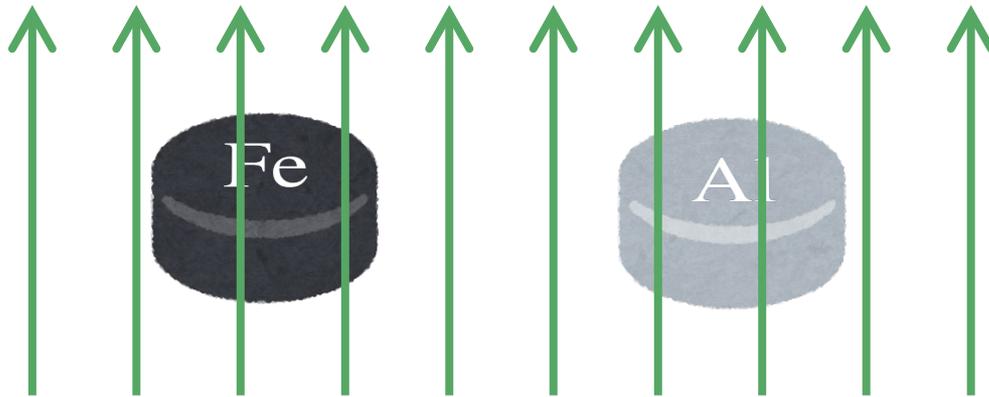
**透磁率** 透磁率はその物質、もしくは空間がどれだけ磁力をはたらかせやすいかを表す指標。真空の透磁率を基準に比透磁率を使って比較する。

正確な定義はもう少し進んでから

$$\mu = \mu_r \mu_0$$

$$\mu_0 \cong 1.26 \times 10^{-6} [\text{Wb}^2 / (\text{N} \cdot \text{m}^2)]$$

磁場  $H$



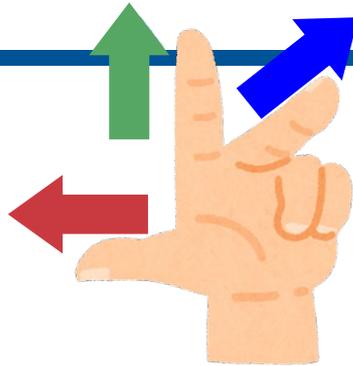
物質	比透電率
高純度鉄	200000
パーマロイ	100000
純鉄	5000
ニッケル	100 - 500
ネオジウム磁石	1.05
アルミニウム	1.000022
空気	1.00000037
真空中	1
銅	0.999994
水	0.999992

磁化の強度によって磁性体は大きく3つに分類される

常磁性体 同じ方向に強く磁化  
 常磁性体 同じ方向に弱く磁化  
 反磁性体 逆方向に弱く磁化

# 磁場と磁束密度

電流が磁場から受ける力



$$F = \mu l (I \times H)$$



電流の周りの磁場の強さ

周りの物質の影響

周りの物質の影響を含めた  
磁場の強さ

$$B = \mu H$$

これを                      とよぶ。

$$F = l(I \times B)$$

$$[B] = [\mu][H]$$

$$= \left[ \frac{\text{N}}{\text{A}^2} \right] \left[ \frac{\text{A}}{\text{m}} \right]$$

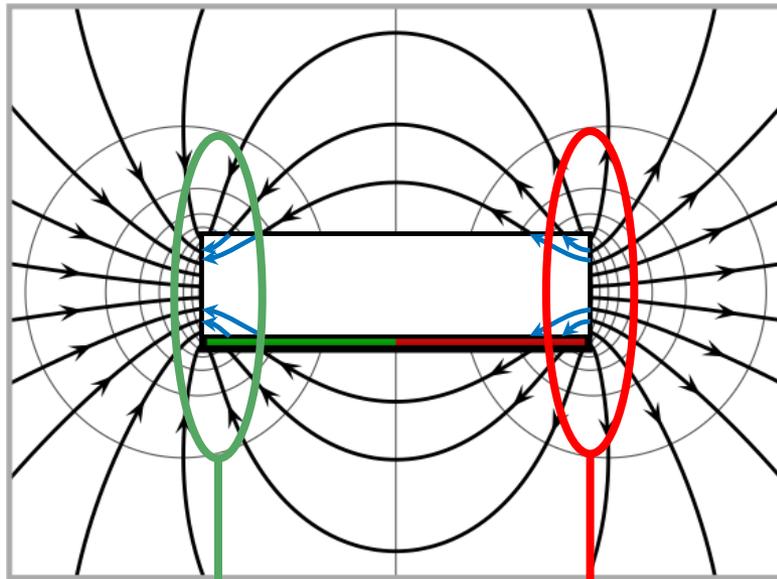
$$= \left[ \frac{\text{N}}{\text{Am}} \right] \equiv \underline{[\text{T}]}$$

テスラ

# 磁力線と磁束線

## 磁力線

磁場の強さを表したもの

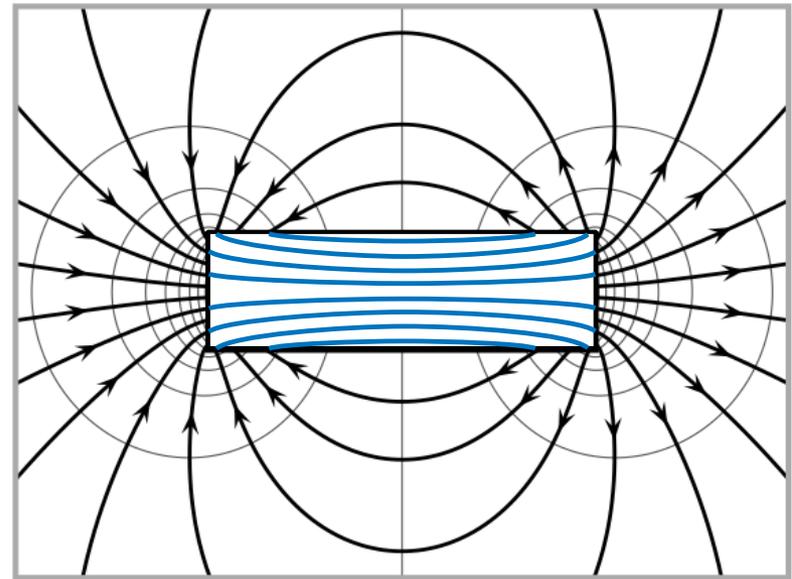


磁力線が  
入る場所  
(S極)

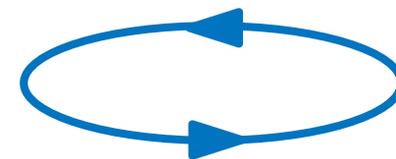
磁力線が  
出る場所  
(N極)

## 磁束線

磁場の強さを表したもの  
+  
物質の影響を加えたもの



密集しすぎてわかりにくいので幾分か省いてある



磁束線は



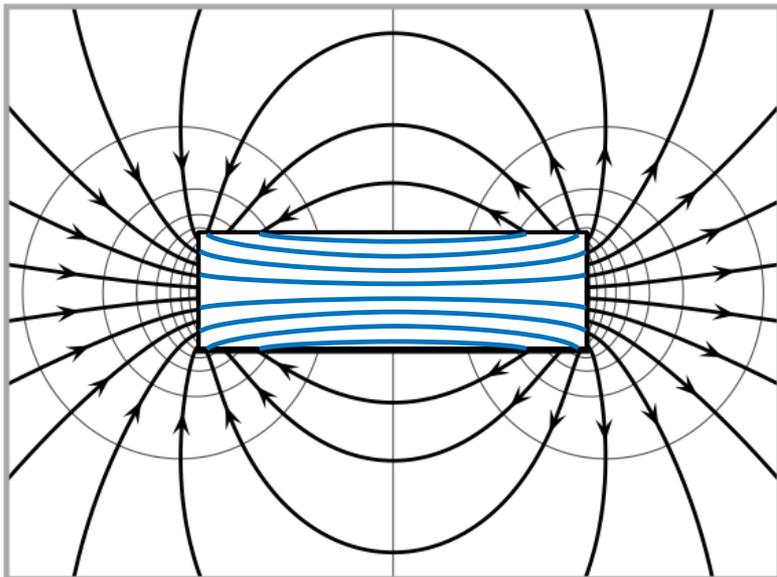
# 磁束と磁束密度

## 磁束線

磁場の強さを表したもの  
+  
物質の影響を加えたもの

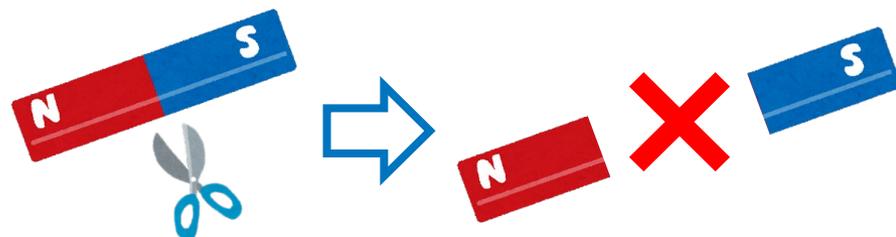


磁気現象は物質の影響を含めて考えるので磁力線よりも磁束線のほうが扱いやすい



## 磁束線のルール

1. 磁束線は折れ曲がったり、枝分かれしたり交わったりしない。
2. 磁束線は出ていくところも入る場所もなく、ループ状になっている。



3. 磁束密度  $B$  [T] のところでは、 $1 \text{ m}^3$  あたり  $B$  本の磁束線を書く。

面積  $S$  [ $\text{m}^2$ ] を貫く磁束線の総本数  $\Phi$  は

$$\Phi = \underline{\hspace{2cm}}$$

これを            という。

# 例題1 磁束と磁束密度

(1) 磁束  $\Phi$  の単位が Wb となることを確かめよ。

$$\text{磁束密度 } B \text{ の単位は } [B] = [T] = \left[ \frac{\text{N}}{\text{Am}} \right]$$

$$\text{磁束 } \Phi \text{ は } \Phi = BS \text{ であるから、 } [\Phi] = [B][S] = \left[ \frac{\text{N}}{\text{Am}} \right] [\text{m}^2] = \left[ \frac{\text{Nm}}{\text{A}} \right]$$

$$[N] = \left[ \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] \text{ だから } [\Phi] = \left[ \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{A}} \right] = \left[ \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2 \text{A}} \right] = \underline{\underline{[\text{Wb}]}}$$

(2) 真空中で磁界の強さが  $1.0 \times 10^4$  [A/m] の場所での磁束密度はいくらか。

また、この場所で磁界と垂直な半径1.0cmの円形面を貫く磁束はいくらか。

$$B = \mu_0 H = (1.26 \times 10^{-6}) \times (1.0 \times 10^4) \left[ \frac{\text{N}}{\text{A}^2} \times \frac{\text{A}}{\text{m}} \right] = 1.26 \times 10^{-2} \left[ \frac{\text{N}}{\text{Am}} \right]$$

$$= \underline{\underline{1.3 \times 10^{-2} [\text{T}]}}$$

$$\Phi = BS = (1.26 \times 10^{-2}) \times \pi (1.0 \times 10^{-2})^2 \left[ \frac{\text{N}}{\text{Am}} \times \text{m}^2 \right]$$

$$= 3.96 \times 10^{-6} \left[ \frac{\text{Nm}}{\text{A}} \right] = \underline{\underline{4.0 \times 10^{-6} [\text{Wb}]}}$$

# 演習 1

(1) 面積が  $0.4 \text{ m}^2$  の平面を 20 本の磁束線が垂直に通り抜けている。

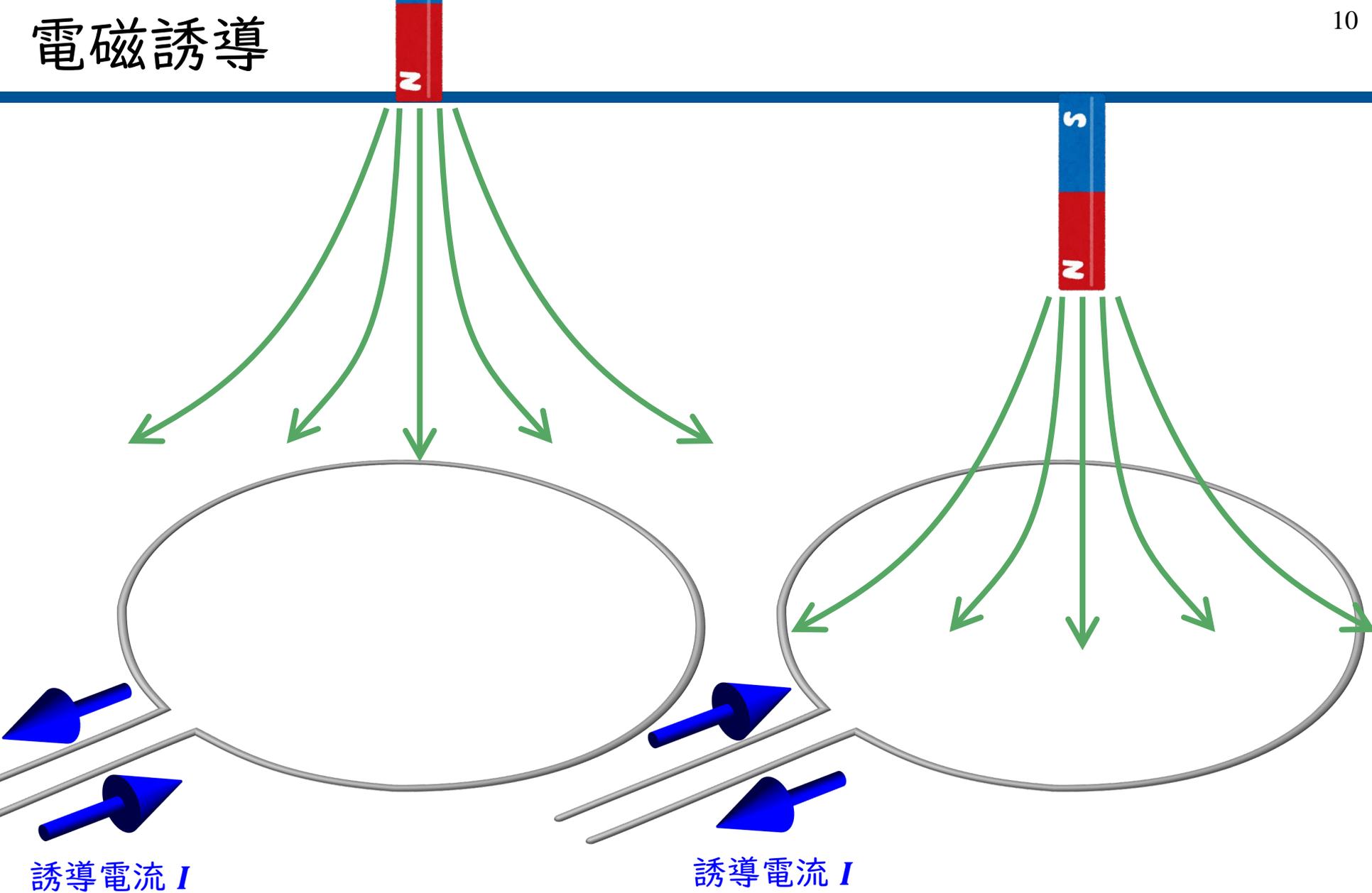
この場所の磁束と磁束密度はそれぞれいくらか。

(2) ソレノイドコイルの内部の磁場の強さは  $H = nI$  である。100回巻きのコイルに比透磁率2000の鉄芯を入れて7.0 A流したら磁束密度はいくらになるか。

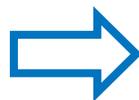
また、このコイルの断面積が  $0.10 \text{ m}^2$  であるとき磁束はいくらか







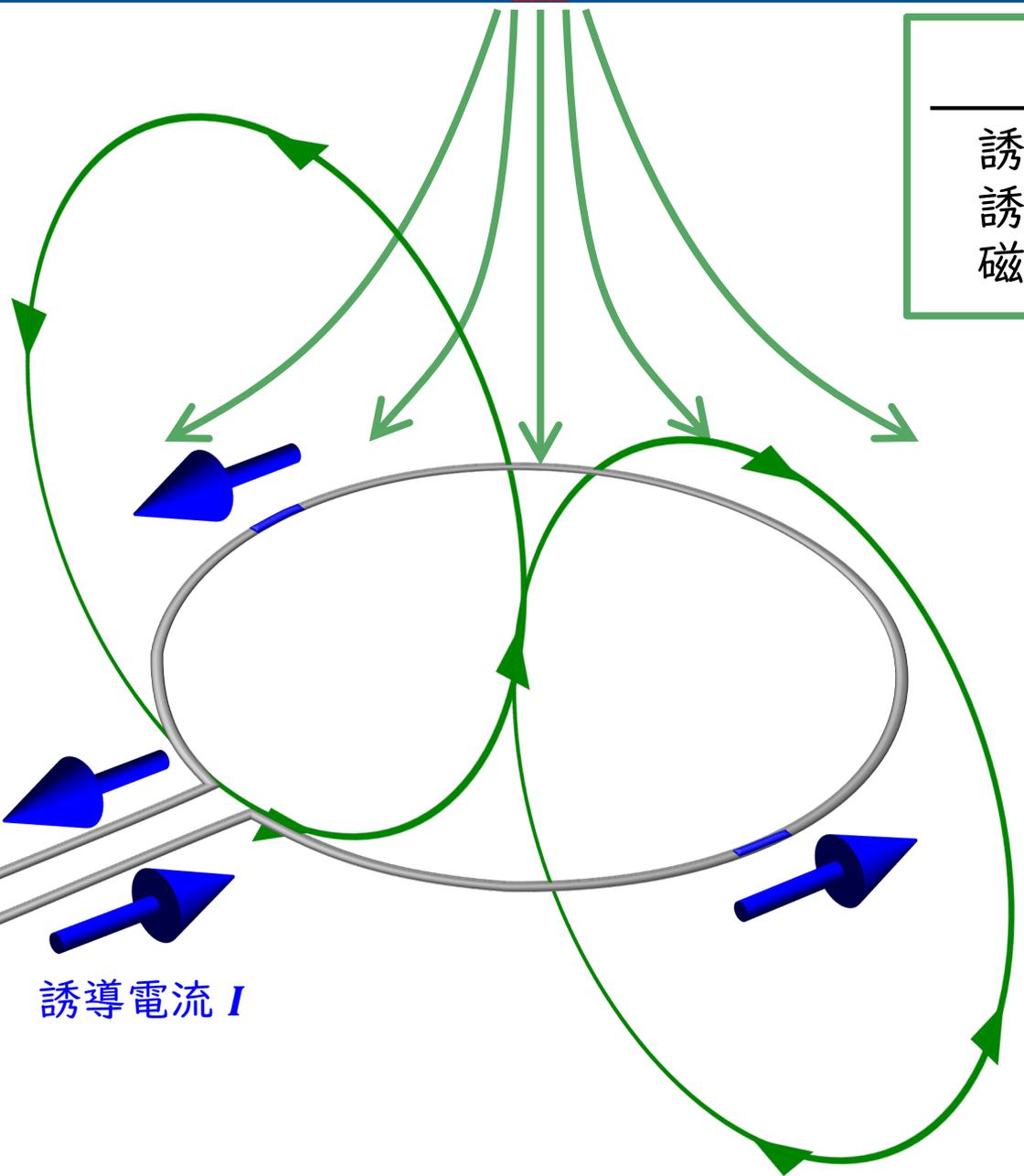
コイル内の磁場の変化



誘導電流を生み出す

# レンツの法則

2



誘導起電力は、それによって流れる誘導電流がつくる磁束が、外からの磁束変化を\_\_\_\_\_向きに生じる

1. N極が近づくことでコイル内の磁場が増加する
2. 磁場の \_\_\_\_\_ を \_\_\_\_\_ 向き  
 ||  
 コイルの中心で上向きに磁場が発生する方向に誘導電流が流れる

誘導電流 I

# レンツの法則

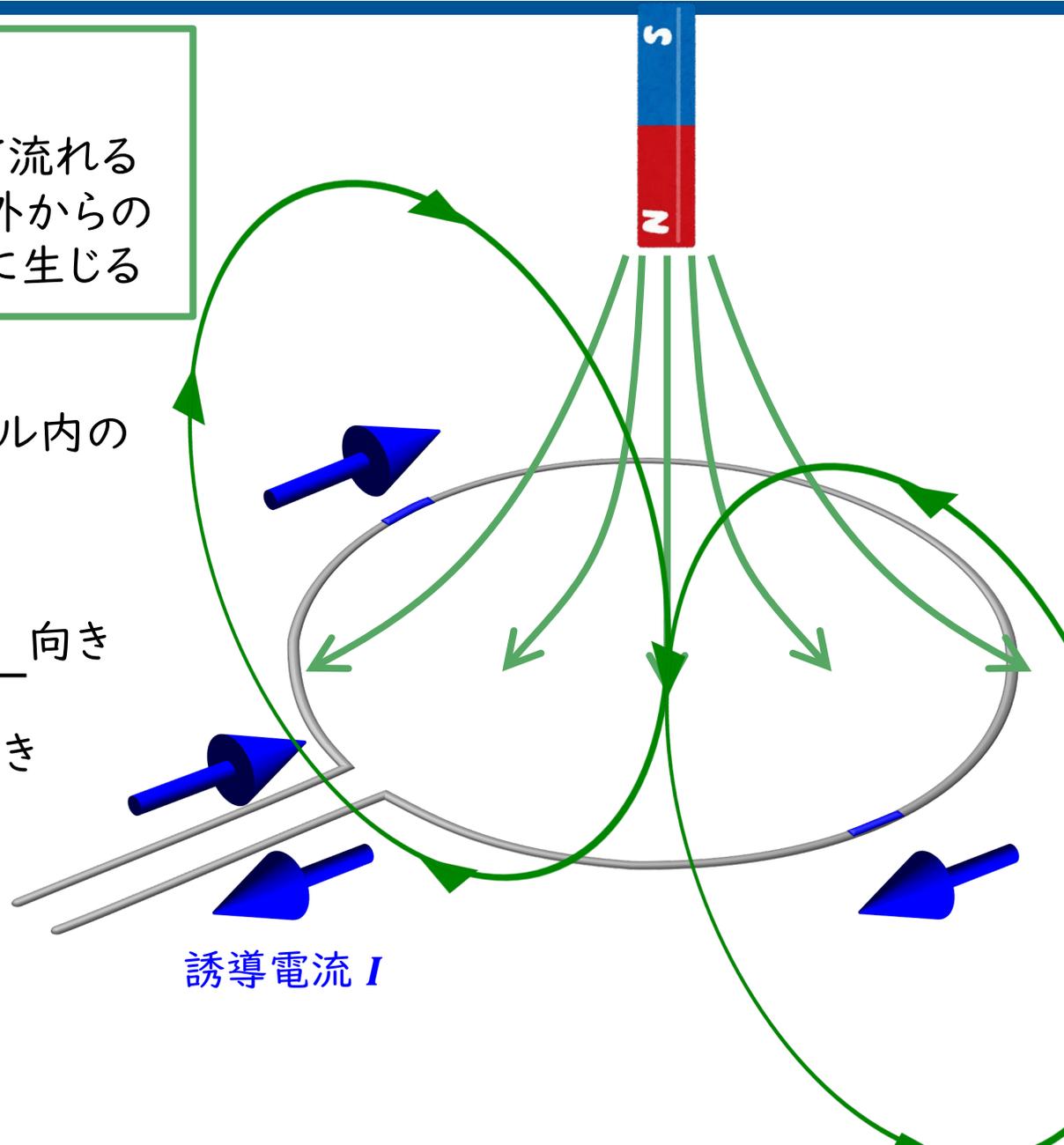
## レンツの法則 (Lenz's law)

誘導起電力は、それによって流れる誘導電流がつくる磁束が、外からの磁束変化を打ち消す 向きに生じる

1.  
N極が遠ざかることでコイル内の磁場が \_\_\_\_\_ する

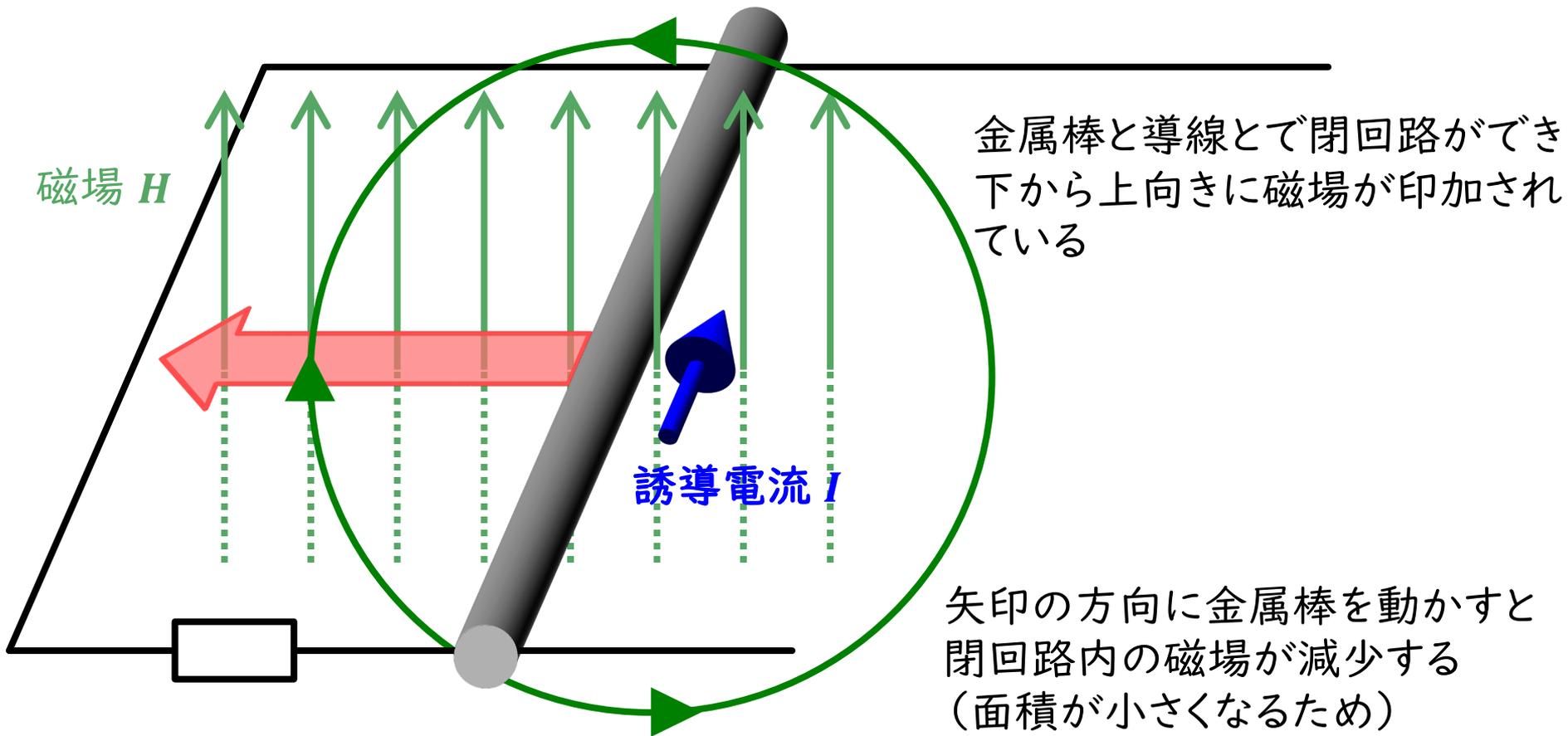
2.  
磁場の \_\_\_\_\_ を \_\_\_\_\_ 向き

コイルの中心で下向きに磁場が発生する方向に誘導電流が流れる



誘導電流  $I$

# レンツの法則

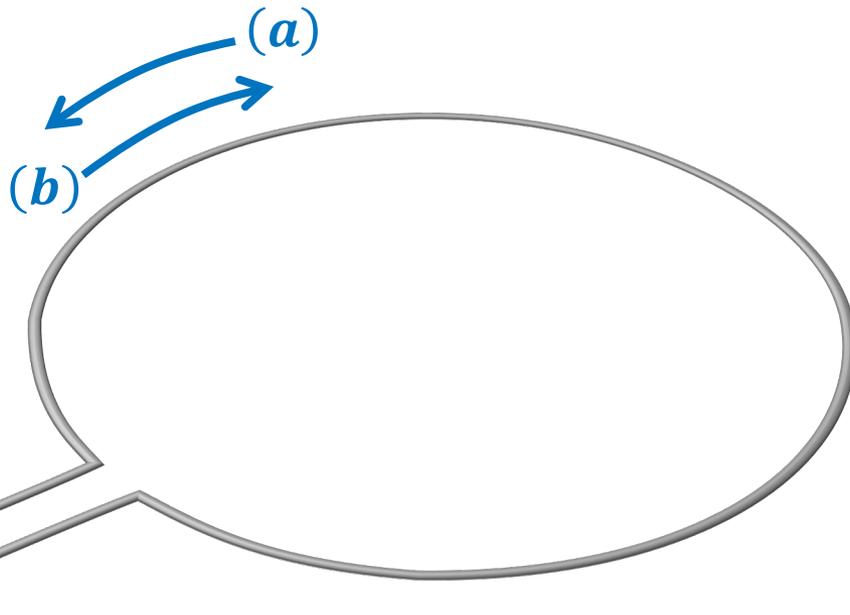
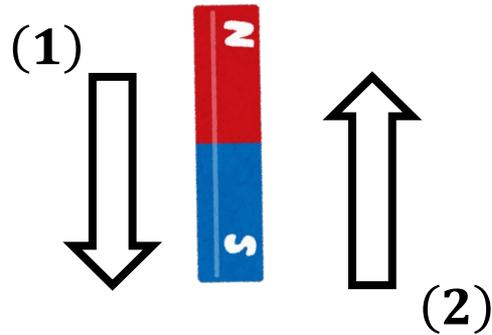


## レンツの法則 (Lenz's law)

誘導起電力は、それによって流れる  
誘導電流がつくる磁束が、外からの  
磁束変化を打ち消す向きに生じる

磁場の \_\_\_\_\_ を \_\_\_\_\_ 向き  
||  
コイルの中心で上向き  
に磁場が発生する方向に  
誘導電流が流れる

# 演習2 レンズの法則



(1) S極を近づけたとき

発生する誘導電流の向きは

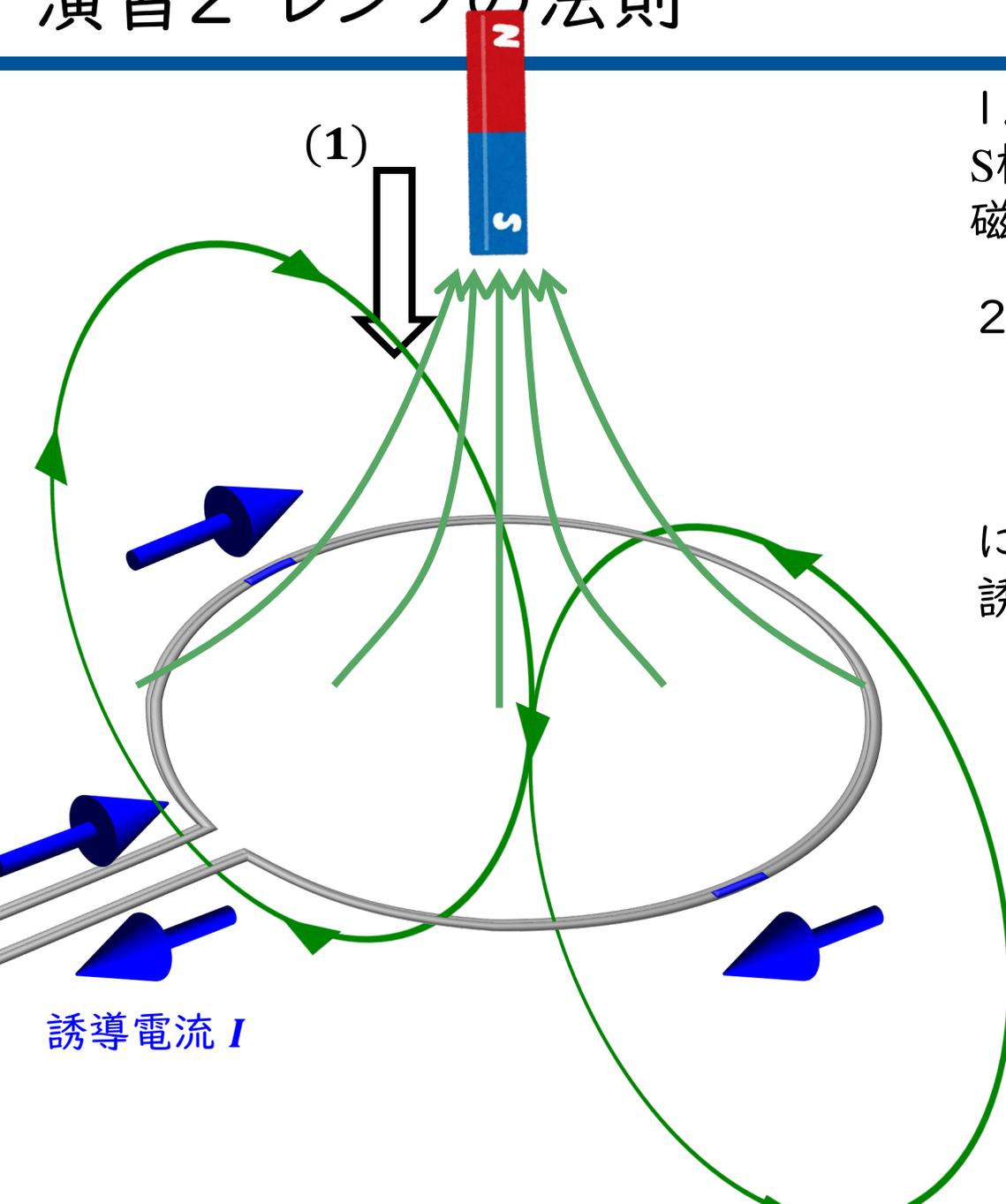
\_\_\_\_\_

(2) S極を遠ざけたとき

発生する誘導電流の向きは

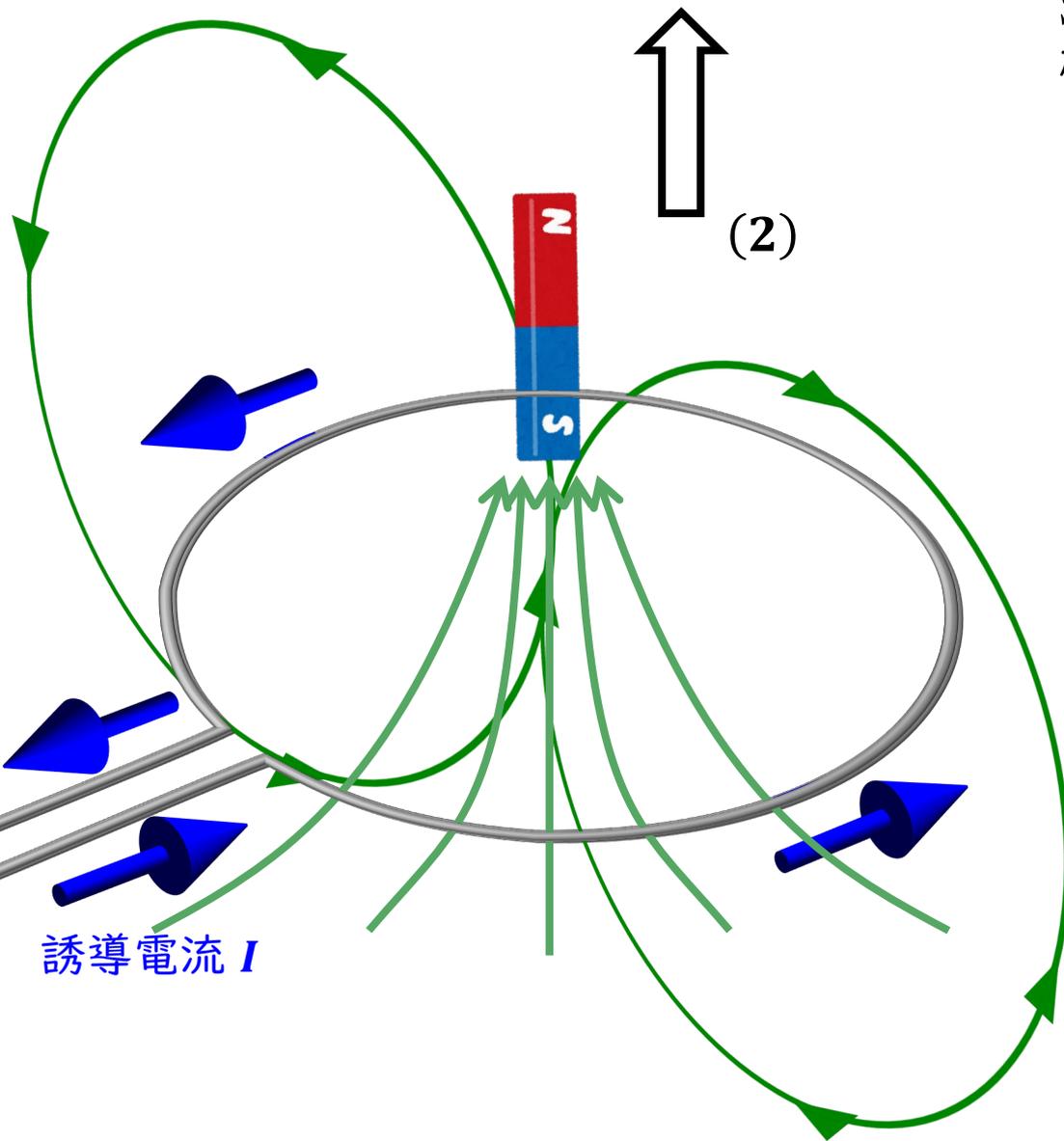
\_\_\_\_\_

# 演習2 レンツの法則



1. S極が近づくことでコイル内の磁場が \_\_\_\_\_ する
2. 磁場の \_\_\_\_\_ 向き  
 ||  
 コイルの中心で \_\_\_\_\_  
 に磁場が発生する方向に誘導電流が流れる
3. \_\_\_\_\_ の向きに誘導電流が流れる

# 演習2 レンツの法則



1.  
S極が遠ざかることでコイル内の  
磁場が \_\_\_\_\_ する

2.  
磁場の \_\_\_\_\_ 向き

||  
コイルの中心で \_\_\_\_\_  
に磁場が発生する方向に  
誘導電流が流れる

3.  
\_\_\_\_\_ の向きに誘導電流が流れる